


<p>VÝPOČET</p> 	Dokument:	SX042a-CZ-EU	Strana	1 z 5
	Název	Řešený příklad: Parametrická křivka teplotní křivka		
	Eurokód	EN 1991-1-2:2002		
	Vypracoval	Z Sokol	Datum	Leden 2006
	Kontroloval	F Wald	Datum	Leden 2006

Řešený příklad: Parametrická křivka teplotní křivka

V řešeném příkladu je podle přílohy A normy EN 1991-1-2 vypočítána parametrická teplotní křivka. Křivka popisuje průběh požáru v požárním úseku administrativní budovy. Stěny a strop požárního úseku jsou ze železobetonu, ve stěnách je několik otvorů. Vlastnosti materiálů ohraničujících konstrukcí jsou převzaty z dokumentu SD006.

Vstupní údaje

Rozměry požárního úseku

šířka:	$a = 8,5 \text{ m}$
délka:	$b = 10,0 \text{ m}$
výška:	$h = 3,15 \text{ m}$
výška otvorů:	$h_{\text{op}} = 1,537 \text{ m}$
šířka otvorů:	$b_{\text{op}} = 3,85 \text{ m}$
počet otvorů:	$n = 4$; viz obrázek 1.

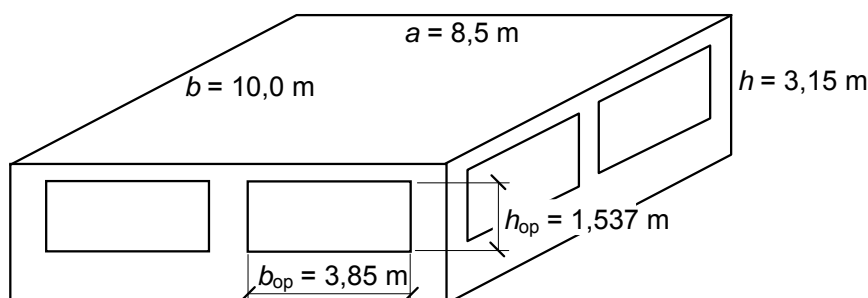



Figure 1: Rozměry požárního úseku

Strop a podlaha jsou ze železobetonu:

hustota:	$\rho = 2300 \text{ kg m}^{-3}$	SD006
měrné teplo:	$c = 840 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$	
tepelná vodivost:	$\lambda = 1,57 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	

Stěny jsou z lehkého betonu:

hustota:	$\rho = 500 \text{ kg m}^{-3}$	SD006
měrné teplo:	$c = 840 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$	
tepelná vodivost:	$\lambda = 0,22 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$	

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument:	<i>SX042a-CZ-EU</i>	Strana	2 z 5
	Název	<i>Řešený příklad: Parametrická křivka teplotní křivka</i>		
	Eurokód	<i>EN 1991-1-2:2002</i>		
	Vypracoval	<i>Z Sokol</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>
	Kontroloval	<i>F Wald</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>

Hustota požárního zatížení

Charakteristická hustota požárního zatížení pro administrativní budovy vztahená k podlahové ploše je převzata z tabulky E.4 v normě EN 1991-1-2. (udává se 80% kvantil Gumbelova rozdělení):

$$q_{f,k} = 511 \text{ MJ m}^{-2}$$

Podlahová plocha je

$$A_f = a \cdot b = 8,5 \cdot 10,0 = 85 \text{ m}^2$$

Součinitel zohledňující nebezpečí vzniku požáru ve vztahu k velikosti požárního úseku se získá lineární interpolací z tabulky E.1

$$\delta_{q1} = 1,1 + (1,5 + 1,1) \cdot (85 - 25) / (250 - 25) = 1,20$$

Součinitel pro nebezpečí vzniku požáru podle druhu provozu $\delta_{q2} = 1,00$.

Součinitel zohledňující vliv aktivních protipožárních opatření $\delta_n = 1,00$

Návrhová hodnota hustoty požárního zatížení:

$$\begin{aligned} q_{f,d} &= q_{f,k} \delta_{q1} \delta_{q2} \delta_n \\ &= 511 \cdot 1,20 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 613 \text{ MJ m}^{-2} \end{aligned}$$

Tepelné vlastnosti konstrukcí ohraničujících požární úsek

Povrchová plocha požárního úseku:

$$A_t = 2 A_f + 2 (a + b) h = 2 \cdot 85 + 2 \cdot (8,5 + 10,0) \cdot 3,15 = 286,55 \text{ m}^2$$

Celková plocha otvorů:

$$A_v = n h_{op} b_{op} = 4 \cdot 1,537 \cdot 3,85 = 23,67 \text{ m}^2$$

Součinitel b pro podlahu a strop:

$$b = \sqrt{\rho c \lambda} = \sqrt{2300 \cdot 840 \cdot 1,57} = 1742 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-0,5} \text{ K}^{-1}$$

Součinitel b pro stěny:


$$b = \sqrt{\rho c \lambda} = \sqrt{500 \cdot 840 \cdot 0,22} = 304 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-0,5} \text{ K}^{-1}$$

Obě hodnoty splňují omezení $100 \leq b \leq 2200$.

[EN 1991-1-2 příloha E tabulka E.4](#)

[EN 1991-1-2 příloha E tabulka E.1](#)

[EN 1991-1-2 příloha A](#)

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument:	<i>SX042a-CZ-EU</i>	Strana	<i>3 z 5</i>
	Název	<i>Řešený příklad: Parametrická křivka teplotní křivka</i>		
	Eurokód	<i>EN 1991-1-2:2002</i>		
	Vypracoval	<i>Z Sokol</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>
	Kontroloval	<i>F Wald</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>

Výsledný součinitel b

$$b = \frac{\sum(b_i A_i)}{A_t - A_v} =$$

$$= \frac{2 \cdot 85 \cdot 7 \cdot 1742 + (2 \cdot (8,5 + 10,0) \cdot 3,15 - 23,67) \cdot 304}{286,55 - 23,67} = 1234 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-0,5} \text{ K}^{-1}$$

Otvory v požárním úseku

Součinitel otvorů je

$$O = \frac{A_v \cdot \sqrt{h_{\text{eq}}}}{A_t} = \frac{23,67 \cdot \sqrt{1,537}}{286,55} = 0,1024 \text{ m}^{0,5},$$

kde vážená výška otvorů je $h_{\text{eq}} = 1,537 \text{ m}$.

Součinitel otvorů má být v rozmezí $0,02 \leq O \leq 0,2 \text{ [m}^{0,5}\text{]}$. Splněno.

[EN 1991-1-2 příloha A\(3\)](#)

Součinitel Γ


Součinitel Γ se určí jako:

$$\Gamma = \frac{\left(\frac{O}{b}\right)^2}{\left(\frac{0,04}{1160}\right)^2} = \frac{\left(\frac{0,1024}{1234}\right)^2}{\left(\frac{0,04}{1160}\right)^2} = 5,791$$

Hustota požárního zatížení vztažená k ploše povrchu požárního úseku

Návrhová hodnota hustoty požárního zatížení vztažená k ploše povrchu požárního úseku je:

$$q_{t,d} = \frac{q_{f,d} A_f}{A_t} = \frac{613 \cdot 85}{286,55} = 181,8 \text{ MJ m}^{-2}$$

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument:	<i>SX042a-CZ-EU</i>	Strana	<i>4 z 5</i>
	Název	<i>Řešený příklad: Parametrická křivka teplotní křivka</i>		
	Eurokód	<i>EN 1991-1-2:2002</i>		
	Vypracoval	<i>Z Sokol</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>
	Kontroloval	<i>F Wald</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>

Určení maximální teploty

Předpokládá se střední rychlost rozvoje požáru s $t_{lim} = 20 \text{ min} = 0,333 \text{ hodin}$.

Ča, kdy je dosaženo maximální teploty t_{max} se určí z:

$$t_{max} = \max \left\{ \frac{0,2 \cdot 10^{-3} q_{t,d}}{0}, t_{lim} \right\} = \max \left\{ \frac{0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 181,8}{0,1024}, 0,333 \right\} = 0,355 \text{ hour}$$

Požár je řízený ventilací, protože pro určení času t_{max} rozhoduje první výraz.

Náhradní čas pro dosažení maximální teploty (bere v úvahu vliv otvorů a tepelné pohltivosti ohraničujících konstrukcí) t_{max}^* se určí jako

$$t_{max}^* = t_{max} \Gamma = 0,355 \cdot 5,791 = 2,056 \text{ hour}$$

a odpovídající maximální teplota je

$$\theta_{max} = 20 + 1325 \left(1 - 0,324 e^{-0,2 \cdot 2,056} - 0,204 e^{-1,7 \cdot 2,056} - 0,472 e^{-19 \cdot 2,056} \right) = 1052^\circ\text{C}$$

Křivka ve fázi rozvoje požáru

Křivka ve fázi rozvoje požáru je dána funkcí

$$\theta_{g,t} = 20 + 1325 \left(1 - 0,324 e^{-0,2 t^*} - 0,204 e^{-1,7 t^*} - 0,472 e^{-19 t^*} \right)$$

kde náhradní čas t^* se určí jako:

$$t^* = t \Gamma = 5,791 t$$

Křivka ve fázi chladnutí

Pro náhradní čas $t_{max}^* > 2$ hodiny je funkce popisující průběh teploty dána vztahem:

$$\begin{aligned} \theta_{g,t} &= \theta_{max} - 250 \left(t^* - t_{max}^* x \right) = \\ &= 1052 - 250 \cdot \left(t^* - 2,056 \cdot 1 \right) = \\ &= 1566 - 250 \cdot t^* \end{aligned}$$

kdy se použije $x = 1$ pro požár řízený ventilací.

Výsledný průběh teploty je na obrázku 2.

Dokument:	<i>SX042a-CZ-EU</i>	Strana	<i>5 z 5</i>
Název	<i>Řešený příklad: Parametrická křivka teplotní křivka</i>		
Eurokód	<i>EN 1991-1-2:2002</i>		
Vypracoval	<i>Z Sokol</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>
Kontroloval	<i>F Wald</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>

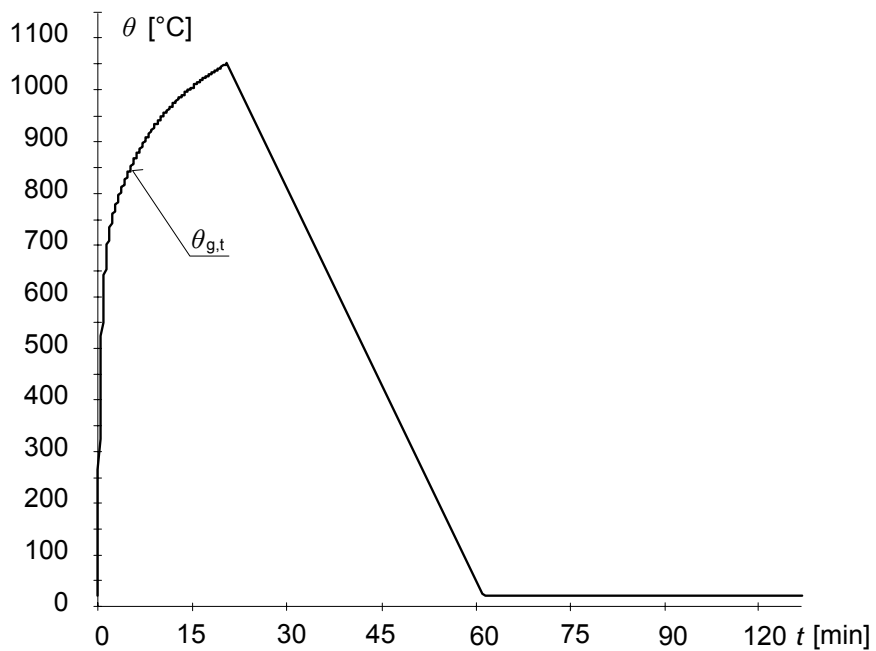


Figure 2: Průběh teploty podle parametrické teplotní křivky

Quality Record

RESOURCE TITLE	Řešený příklad: Parametrická křivka teplotní křivka		
Reference(s)			
ORIGINAL DOCUMENT			
	Name	Company	Date
Created by	Z. Sokol	CTU in Prague	07/06/06
Technical content checked by	F. Wald	CTU in Prague	07/06/06
Editorial content checked by			
Technical content endorsed by the following STEEL Partners:			
1. UK	G W Owens	SCI	31/5/06
2. France	A Bureau	CTICM	31/5/06
3. Sweden	B Uppfeldt	SBI	31/5/06
4. Germany	C Müller	RWTH	31/5/06
5. Spain	J Chica	Labein	31/5/06
6. Luxembourg	M Haller	PARE	31/5/06
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	12/9/06
TRANSLATED DOCUMENT			
This Translation made and checked by:	Z. Sokol	CTU in Prague	29/6/07
Translated resource approved by	F. Wald	CTU in Prague	31/7/07
National technical contact	F. Wald		